

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ В МАГНИТОФОТОННЫХ КРИСТАЛЛАХ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОН-ПОЛЯРИТОНОВ

Д.А. Сылгачева, Н.Е. Хохлов, В.И. Белотелов

¹Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет
sylgacheva.darjja@physics.msu.ru

Плазмоника является быстро развивающейся областью оптики. Это связано с практически важными перспективами, которые она открывает. Несмотря на то, что свойства поверхностных плазмон-поляритонов и фотонных кристаллов исследуются уже несколько десятилетий, практический потенциал плазмоники все еще не раскрыт до конца [1].

Фотонные кристаллы – периодические диэлектрические структуры, взаимодействие света с которыми аналогично взаимодействию электронов с периодическим потенциалом кристаллической решетки. Результатом такого взаимодействия является наличие фотонной запрещенной зоны (ФЗЗ) [2]. Из-за ФЗЗ в спектре пропускания фотонного кристалла наблюдается широкий провал.

Поверхностные плазмон-поляритоны (ППП) - связанные колебания электромагнитного поля и электронного газа металла, распространяющиеся вдоль границы раздела между металлом и диэлектриком [3]. На практике для возбуждения ППП один из слоев (металл или диэлектрик) периодически перфорируют.

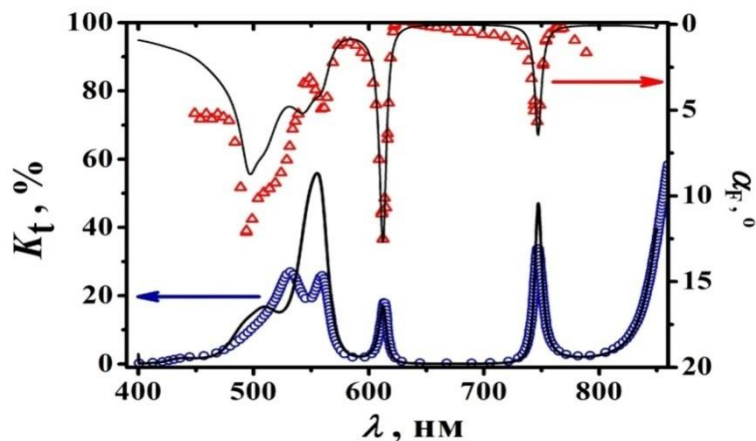


Рис. 1. Спектр пропускания исследуемого фотонного кристалла

В данной работе исследовался фотонный кристалл с дефектом из магнитного материала: кварц/(TiO₂/SiO₂)⁴/Bi:YIG/(SiO₂/TiO₂)⁴, т. е. восемь (по четыре сверху и снизу магнитного слоя) пар диэлектрических зеркал TiO₂/SiO₂, толщина каждого слоя $\lambda/4$, где λ – длина волны света в веществе. Толщина магнитного слоя Bi:YIG равна 315 нм. Эксперимен-

тально измеренный спектр пропускания структуры показал, что центр ФЗЗ находится на длине волны 674 нм (рис. 1).

Внутри ФЗЗ на длине волны 612 нм наблюдается узкий пик коэффициента пропускания, обусловленный наличием дефекта в фотонном кристалле. Результаты экспериментального измерения угла поворота Фарадея показали, что максимум фарадеевского вращения внутри ФЗЗ совпадает с пиком коэффициента пропускания.

Также в работе рассматривается совмещение двух периодических структур: фотонного кристалла и периодически перфорированной золотой пленки. Геометрические параметры золотого слоя (толщина, период решетки, ширина щелей) подбирались таким образом, чтобы в структуре возбуждался ППП на границе золота и верхнего слоя TiO_4 . Аналитическое решение уравнений Максвелла в подобной структуре невозможно, поэтому расчет параметров решетки проводился при помощи численного моделирования методом связанных волн в пространстве Фурье (Rigorous coupled-wave analysis, RCWA) [4].

Результаты показали, что при нанесении слоя золота внутри ФЗЗ появляется второй пик пропускания, связанный с плазмонным резонансом. При этом также появляется дополнительный пик в спектре фарадеевского вращения в районе плазмонного резонанса. Подбором геометрических параметров золотой решетки можно добиться ситуации, когда максимумы обоих резонансов структуры находятся на одной длине волны. В этом случае максимальное значение угла фарадеевского вращения вблизи резонанса пропускания увеличивается по сравнению со случаем, когда золотая пленка отсутствует.

Также положение пика пропускания, обусловленного возбуждением ППП, зависит от угла падения и поляризации света. Таким образом, изменяя эти параметры, можно управлять углом поворота Фарадея (и, соответственно, поляризацией) прошедшего через кристалл излучения. Это может быть использовано для создания оптических невзаимных элементов нового типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майер Стефан А. Плазмоника: теория и приложения. М.: Ижевск. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. – 296 с.
2. Белотелов, В.И. Звездин А.К. Фотонные кристаллы и другие метаматериалы. М.: Бюро Квантум, 2006. – 144 с.
3. Maier S.A. Plasmonics - Fundamentals and applications. // New York: Springer, 2007.
4. Li L. Use of Fourier series in the analysis of discontinuous periodic structures. // J.Opt.Soc.Am. A. 13, 1996 p. 1870-1875.